№ 7. Warszawa, 25 lipca 1934 r. Rok XII.

TECHNIKA CIEPLNA

CZASOPISMO STOWARZYSZENIA DOZORU KOTŁÓW W WARSZAWIE

OFICJALNY ORGAN POLSKIEGO KOMITETU NORMALIZACYJNEGO DLA SPRAW KOTŁOWYCH

REDAKTOR: Inż. techn. JAN KOMARNICKI.

Wydawca: Stowarzyszenie Dozoru Kotłów w Warszawie.

REDAKCJA I ADMINISTRACJA: WARSZAWA, PIUSA XI 32, m. 2. TEL. 8-25 04.

GODZINY BIUROWE: ADMINISTRACJI — CODZIENNIE, OD 10 DO 15.

Inż. TADEUSZ JAKOWICKI.

KONSERWACJA KOTŁÓW NIECZYNNYCH [1]).

Trudne położenie gospodarcze, w jakiem znajduje się nasz przemysł od lat kilku, spowodowało bądź to unieruchomienie całkowite względnie częściowe całego szeregu instalacyj kotłowych, bądź też anormalne warunki pracy w kotłowniach czynnych, gdzie poszczególne kotły pracują okresowo z częstemi dłuższemi przerwami.

W związku z tem nabiera szczególnego znaczenia sprawa należytego konserwowania nieczynnych urządzeń kotłowych. Należy zdać sobie sprawę z rodzaju szkodliwych czynników, pod wpływem których nieczynne kotły się znajdują, oraz ze środków ochronnych, jakie stosować należy, by kotły te podczas postoju nie uległy zniszczeniu i były zdatne do dalszej pracy wówczas, gdy je ponownie uruchomić wypadnie.

Stwierdzić trzeba, że tylko w nielicznych wypadkach stosowane są specjalne środki ochronne w celu konserwowania kotłów. — Przeważnie sprawę ogranicza się do spuszczenia z kotła wody po jego ostudzeniu, otwarcia włazów i przymknięcia zasuwy kominowej. Czyszczenie kotła od osadów wewnętrznych, oraz od popiołu i sadzy odkładane jest zazwyczaj do czasu ponownego uruchomienia kotła. A wówczas nie wystarcza już samo oczyszczenie kotła, lecz często zachodzi potrzeba bardzo poważnych i kosztownych napraw. Praktyka nasza wykazuje, że w wielu wypadkach spustoszenia, spowodowane rdzą w okresach dłuższej nieczynności kotłów, są o wiele większe, niż w kotłach czynnych, i powodują często całkowite usunięcie kotła, względnie znaczne obniżenie ciśnienia roboczego.

Szczególnie poważne są wypadki zniszczenia blach nieczynnych kotłów w miejscach zetknięcia się z murami przedziałowemi w kanałach spalinowych, niezabezpieczonych od dostępu wody podskórnej, o ile mury te nie są usunięte, a kanały nie są osuszane i przewietrzane.

W wielu wypadkach jednak, mimo braku specjalnych zabiegów, wychodzą kotły obronną ręką z okresu nieczynności, a czasem najmniejszych śladów zniszczenia dostrzec w nich nie można. Tłumaczy się to tem, że czasem istniejące lokalne warunki zapewniają dobrą konserwację kotła,

Obok kotłów unieruchomionych na czas dłuższy istnieje dużo kotłów czynnych okresowo z dłuższemi lub krótszemi przerwami. Kotły te są utrzymywane w stanie ciągłej gotowości do pracy, a więc napełnione wodą do normalnego poziomu. Podczas kilkudniowego postoju stygną one powoli, a następnie są znowu rozpalane. Ten stan rzeczy wymaga od kierownictwa technicznego i bezpośredniej obsługi największej uwagi i systematyczności w stosowaniu zabiegów, któreby mogły zmniejszyć względnie zapobiec rdzewieniu.

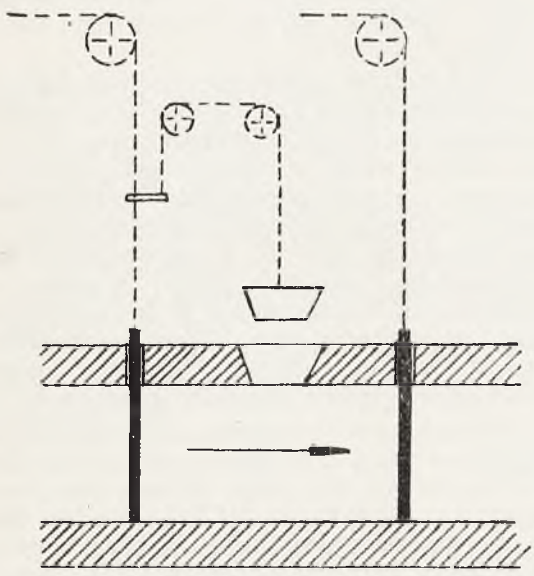
Największym wrogiem nieczynnych instalacyj jest rdza, czyli połączenie żelaza z tlenem. Tworzenie się rdzy ułatwia obecność bezwodnika węglowego (CO_2). Suchy tlen o temperaturze normalnej jest nieszkodliwy i nie wymaga żadnych zabiegów konserwacyjnych. Aktywnym staje się on dopiero przy wyższych temperaturach albo w obecności wilgoci. Wilgotny tlen jest również nieszkodliwy, jednak tylko w tym wypadku, jeżeli wilgoć nie wydziela się na metalu, a więc obecność wilgotnego tlenu wymaga już pewnych zabiegów konserwacyjnych, któreby usuwały możliwość powstawania rosy na ściankach metalowych. Rozpuszczalność tlenu w czystej wodzie jest w przybliżeniu 2 razy większa, niż rozpuszczalność azotu, zaś rozpuszczalność CO_2 kilkaset razy większa. Wobec tego powietrze

[1]) Referat wygłoszony w Stowarzyszeniu Techników w Sosnowcu w dniu 5. V. 1933 r.

nasycające wodę ma zupełnie inny skład, niż powietrze atmosferyczne i jest bogatsze w tlen, a mianowicie np. przy 20° i 760 *mm Hg* przybliżony skład objętościowy:

	powietrza atmosferycznego	powietrza nasycającego wodę
tlenu	20,99 %	34,36 %
azotu	78,98 %	64,26 %
CO_2	0,03 %	1,38 %

Rozpuszczalność w wodzie gazów znacznie się obniża w miarę wzrostu temperatury. To też woda zasilająca nasycona powietrzem, a więc bogata w tlen, dostając się do kotła i ogrzewając się, wydziela tlen, który w czynnym kotle uchodzi wraz parą, częściowo tylko zatrzymując się w miejscach zastojowych kotła. O ile kocioł przed zatrzymaniem jest zasilany surową, nieodgazowaną wodą po odcięciu odpływu pary, powietrze, a więc i tlen, wprowadzony z tą wodą do kotła, nie mają ujścia i pozostają w kotle. A właśnie takie postępowanie najczęściej zachodzi przy zatrzymywaniu kotłów — intensywne dopompowywanie wody powyżej normalnego poziomu wody po odcięciu odpływu pary, podczas gdy należy zawczasu zasilać kocioł przed jego zatrzymaniem tak, by od chwili ostatniego zasilania do zamknięcia zaworu parowego upłynął dostatecznie długi okres czasu, zależny od typu i pojemności wodnej kotła, podczas którego ostatnia wprowadzona dawka wody mogłaby się pozbyć tlenu.



Rys. 1

Dalej następuje okres stygnięcia kotła i skraplania się zawartej w nim pary. Przy silnem oziębieniu ciśnienie spada do 0 często po 24-ch godzinach. Przez całkowicie szczelne zamknięcie paleniska przed dostępem świeżego powietrza, przy szczelnem obmurzu, a przedewszystkiem przez dokładne zamknięcie zasuwy kominowej, które całkowicie kocioł odcina od komina, można znacznie zmniejszyć spadek ciśnienia, tak, że nawet po 3—4 dniach panuje jeszcze w kotle pewne ciśnienie. Godne są polecenia podwójne zasuwy kominowe (rys. 1) z wyrównaniem ciśnienia, w których przestrzeń pomiędzy zasuwami łączy się z zewnętrznem powietrzem przez specjalny zawór, odmykany automatycznie w chwili zupełnego zamknięcia zasuw.

Od chwili gdy ciśnienie w odstawionym kotle obniży się do 0, rozpoczyna się okres powstawania w nim próżni, czego następstwem jest intensywne zasysanie powietrza przez nieszczelną armaturę, względnie przez inne nieszczelności kotła, i wzbogacanie się w tlen wody kotłowej.

Jest to więc okoliczność, która stwarza dla kotłów czasowo zatrzymanych gorsze warunki niż w kotłach czynnych.

Niska temperatura kotłów nieczynnych, napełnionych wodą, jest natomiast momentem pomyślnym, jeżeli chodzi o procesy chemiczne, które zachodzą w kotle, napełnionym wodą, względnie konserwowanym t.z. metodą mokrą gdyż, jak wiadomo, szybkość reakcji wzrasta szybko ze wzrostem temperatury.

Oczywiście w kotłowni, gdzie znajdują się napełnione wodą kotły nieczynne, temperatura powietrza nie powinna się obniżać poniżej 10° *C*, gdyż w przeciwnym razie zachodzić może obawa dalszego obniżenia temperatury, a więc zamarznięcia i uszkodzenia kotłów, lub ich osprzętu.

O ile woda zasilająca nie jest odpowiednio preparowana, wnętrze kotła nieczynnego napełnionego wodą zawierać może osady w postaci kamienia kotłowego i namułu, oraz rozpuszczone w niej sole i nieusunięte gazy, a więc groźne dla ścianek kotła tlen i bezwodnik węglowy.

Nie będziemy wchodzili w szczegóły teorji tworzenia się rdzy. Zaznaczymy tylko, że obecnie utrwala się przekonanie, że skomplikowany proces rdzewienia żelaza w obecności wody jest zjawiskiem nie tylko czysto chemicznem, lecz wchodzi w zakres chemji kolloidów i elektrochemji.

W każdym bądź razie proces rdzewienia wymaga współdziałania dwuch czynników, a mianowicie wody i tlenu. Obecność czynników kwasowych nie jest wprawdzie bezwzględnie konieczną dla przebiegu procesu rdzewienia, wpływa jednak niezwykle na szybkość i intensywność reakcji. Takim czynnikiem kwasowym w wodzie bywa przedewszystkiem kwas węglowy. Sam kwas węglowy może też bezpośrednio rozpuszczać żelazo z równoczesnem wydzielaniem wodoru, podobnie jak to czynią

wszystkie inne kwasy. Woda zakwaszona — jest elektrolitem, a blacha kotłowa nie jest materjałem jednolitym i obok siebie położone części blachy mogą posiadać pewne różnice potencjałów. Już usunięcie miejscowe naskórka walcowniczego, odkształcenia, którym ulega blacha przy obróbce, zwłaszcza na zimno i t. p. stworzyć mogą warunki do powstania lokalnych elementów galwanicznych, powodujących powstawanie korozji. A skoro tylko pojawią się pierwsze ślady rdzy, proces rdzewienia postępuje intensywnie, gdyż rdza posiada wyższy potencjał w stosunku do czystego żelaza, które w tym elemencie staje się anodą i przechodzi do roztworu w postaci wodorotlenku żelazawego. Podobnie rzecz się ma z namułem, który osiada na blachach kotłowych: żelazo czyste ma potencjał wyższy, niż żelazo pokryte namułem, a więc zniszczeniu ulega żelazo pod warstwą namułu, podczas gdy czyste żelazo pozostaje nieuszkodzone (teorja Evansa „Belüftungselektrode"). Tem się tłumaczą tak częste wyrdzewienia blach w dole walczaków kotłowych, zwłaszcza w pobliżu otworu spustowego, gdzie zwykle gromadzi się namuł. Dodać trzeba, że, jak wykazują nowsze badania, namuł zawiera zawsze powstające przy jego tworzeniu się pęcherzyki CO_2, które są otoczone cząstkami namułu i razem z nim opadają, podczas gdy dawniej przyjmowano, że CO_2 w czynnym kotle uchodzi z parą.

Zawarte w wodzie siarczany, a przedewszystkiem chlorki wywołują również zjawiska korozji. Niszczące działanie tych związków wzrasta w miarę zwiększenia się stężenia, osiąga swą wielkość maximalną (koncentracja graniczna), poczem spada powoli, jednak nigdy nie znika zupełnie.

Wreszcie sama czysta woda może też w pewnych warunkach nadgryzać żelazo. Działanie to jest uwarunkowane faktem, że woda jest częściowo zdyssocjowana i zawiera wolne jony wodorowe H^1 i wodorotlenowe OH^1, ma więc niejako charakter kwasowy. W czystej wodzie zachodzi równowaga jonów wodorowych, z jonami wodorotlenowemi. Wykładnik wodorowy czystej wody $PH = 7$. Jeżeli będziemy dodawać do wody związki o charakterze zasadowym (alkalicznym) n.p. wodorotlenek sodowy ($Na\ OH$), przez co zwiększać się będzie ilość jonów wodorotlenowych OH^1, wtedy w myśl ogólnych zasad równowagi chemicznej koncentracja jonów wodorowych zacznie się zmniejszać, aż wreszcie przy pewnej koncentracji ługu sodowego, t. zw. koncentracji granicznej, która wynosi 200 *mg/l*, teoretycznie ustać powinno wszelkie nadgryzające działanie wody na żelazo. Podobnie rzecz się ma z węglanem sodowym, czyli sodą $Na_2\ CO_3$.

Działanie ochronne alkaljów bywa znacznie zmniejszone przez jony chlorowe Cl^1, dlatego też przy obecności w wodzie chlorków, należy zwiększyć koncentrację ługu, by osiągnąć ten sam efekt ochronny.

Im wyższą wreszcie jest temperatura, tem większą jest zawartość zdyssocjowanych jonów wodorowych, a więc znowu potrzebne jest zwiększenie ilości jonów OH' przez dodanie znaczniejszej ilości wodorotlenku sodowego lub sody.

Związek właścicieli wielkich kotłów w Niemczech już dawno ustalił, że w kotłach należy utrzymywać alkaliczność conajmniej 400 *mg/l* w odniesieniu do $Na\ OH$ i nie przekraczać 2000 *mg/l*. Miarą alkaliczności jest t. zw. liczba sodowa, która daje zawartość *mg* $Na\ OH$ w litrze wody, przyczem inne zawarte w wodzie ługi są odpowiednio na $Na\ OH$ przeliczone, a mianowicie:

liczba sodowa =

$$= mg/l\ Na\ OH + \frac{Na_3\ CO_2}{4{,}5} + \frac{Na_2\ PO_4 . 12 . h_2O}{1{,}5}$$

(fosforan sodowy dodaje się dla strącenia resztek twardości i hamowania rozwoju korozji mniejszą ilością alkalji).

Należy jednak zaznaczyć, że w kotle nieczynnym napełnionym wodą, w którym niema obiegu wody, alkaliczność w różnych punktach może być b. różną. Koncentracja ługów szczególnie może się okazać znaczną w szwach nitowych, powodując wyługowanie zaciągniętych kamieniem kotłowym szczelin i w następstwie spowodować może nieszczelność kotła.

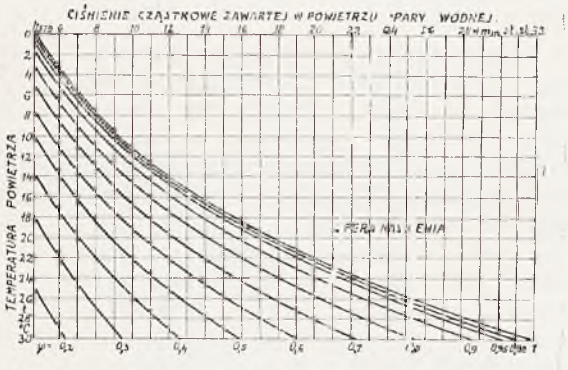
Zjawisko to ma miejsce zarówno w kotłach nieczynnych napełnionych wodą, jak również, a nawet w większym stopniu w kotłach czynnych, zasilanych wodą o wysokiej alkaliczności. W zasadzie objaw ten należałoby uważać za dodatni, gdyż przyśpiesza wykrycie nieszczelności, czasem jednak związany jest z dużemi kłopotami ruchowemi. Znany jest nam np. wypadek, kiedy mała fabryka, posiadająca jeden tylko kocioł płomienicowy, zastosowała zmiękczanie wody sodą kaustyczną i w rezultacie zmuszona była zawiesić na czas dłuższy produkcję, gdyż kocioł, który długie lata pracował normalnie, ujawnił wkrótce katastrofalne przeciekanie wszystkich szwów nitowych i potrzebę całkowitego rozmurowania i uszczelnienia połączeń blach.

Jak widzimy, sprawa czyszczenia i preparowania wody, którą napełniono kotły nieczynne, względnie konserwowane t. zw. metodą mokrą, jest nie mniej aktualna niż w kotłach czynnych.

Stan nieczynności kotła stwarza zupełnie odmienne warunki, niż podczas pracy, dla zewnętrznej powierzchni blach kotłowych, znajdujących się częściowo w kana-

łach spalinowych. Wysoka temperatura spalin w szczelnym kotle czynnym zabezpiecza naogół zewnętrzne powierzchnie blach od wilgoci. Para wodna zawarta w spalinach na całej ich drodze jest przeważnie w stanie przegrzania, a więc niema możności skroplenia się na ściankach kotła. Natomiast w kotłach nieczynnych—zamiast gorących spalin—kanały są wypełnione powietrzem względnie zimnem o pewnej wilgotności. Pozatem obmurze kotłów, zwłaszcza starych, nie zawsze jest zabezpieczone w dostatecznym stopniu od dostępu wody podskórnej, oraz wody i pary z sąsiednich kotłów czynnych w okresach ich przedmuchiwania, czyszczenia i t. p. Jeżeli dodamy możliwość powstawania w zawilgoconym popiele i sadzy, które dzięki swej hygroskopijności chciwie wchłaniają wilgoć, połączeń siarkowych, — mamy wszelkie warunki do intensywnego przebiegu zjawisk chemicznych i elektrolitycznych, wynikiem których jest rdzewienie blach kotłowych, zwłaszcza w miejscach zetknięcia się ich z wilgotnemi murami. A gdy nawet kanały spalinowe i zewnętrzne powierzchnie blach kotła są dokładnie oczyszczone od popiołu i sadzy, a obmurze jest zabezpieczone od wody podskórnej, zachodzi zawsze możliwość t. zw. pocenia się blach kotłowych, czyli osiadania na nich wilgoci z powietrza.

Powietrze wewnątrz kotłowni w zależności od warunków lokalnych ma zawsze wilgotność względną od 50 do 80%. Może



Rys. 2

ona łatwo wzrosnąć do 90 — 100%. Każde, często tylko nieznaczne oziębienie się powietrza nasyconego parą wodną wywołuje pocenie się chłodniejszych ścianek, szczególnie z materjału takiego, jak żelazo, które jest dobrym przewodnikiem ciepła.

Często ciepłe wilgotne powietrze dostaje się z czynnej kotłowni do nieczynnej i nieogrzewanej, która jest w otwartem połączeniu z pierwszą.

Zmiany stanu wilgotności powietrza widoczne są z wykresu Molliera (rys. 2). Z wykresu widać, że np. powietrze o wilgotności względnej 80% w granicach temperatur od 10° do 30°C wymaga oziębienia się tylko o 3,3 — 3,8°C, by osiągnąć punkt rosy, podczas gdy powietrze o wilgotności 50% w tych samych granicach temperatur wymaga oziębienia o 10 — 11,6°C. Nieruchome powietrze, zawarte w kanałach spalinowych, względnie wewnątrz kotła konserwowanego metodą suchą, o ile ma styczność z wilgocią, pochłania pewien nadmiar wilgoci i wobec braku wymiany powietrza nasyca się wilgocią, a przy wahaniach temperatury to osadza rosę na ściankach, to znowu ją wchłania. A więc zjawisko pocenia się kotła bez wymiany powietrza może się powtarzać dowolnie często. Jeżeli uwzględnimy, że woda powstała przy poceniu się jest czystym kondensatem, który jak wiemy chciwie wchłania tlen z powietrza i działa szczególnie agresywnie na żelazo, zrozumiemy, że zjawisko pocenia się jest bardzo groźne dla kotła nieczynnego.

Reasumując uwagi powyższe, stwierdzamy, że w kotle nieczynnym i oczyszczonym od osadów jak zzewnątrz tak i od wewnątrz mamy dwa medja, które się stykają z blachą żelazną:

1. powietrze w pewnym stopniu nasycone wilgotnością i
2. wodę nasyconą tlenem.

A więc z reguły w kotłach nieczynnych istnieją idealne warunki dla tworzenia się rdzy: zetknięcie się żelaza równocześnie z tlenem i wodą.

Zadanie konserwacji polegałoby zatem na stworzeniu takich warunków, by żelazo było zabezpieczone od zetknięcia się z obydwoma temi czynnikami, lub też przynajmniej z jednym z nich.

A więc byłyby następujące możliwości:

1. zabezpieczenie żelaza od zetknięcia się z wodą i powietrzem,
2. usunięcie tlenu przy obecności wody,
3. usunięcie wody przy obecności tlenu i
4. unieszkodliwienie wody zapomocą środków chemicznych.

---

1. Metoda pierwsza polega na pokryciu blach kotłowych ochronną warstwą, obojętną w stosunku do żelaza, trwałą, dobrze trzymającą się i nieprzepuszczalną. Ścianki kotła należy przedewszystkiem gruntownie oczyścić od wszelkich osadów. O ile kocioł ma być unieruchomiony na czas dłuższy, zaleca się usunąć obmurze tam, gdzie ono styka się z blachą. Oczyszczać należy nie tylko od popiołu i sadzy, ale również od kamienia kotłowego i rdzy, która musi być odkuwana, względnie usuwana stalowemi szczotkami.

O ile stosowanie powlekania ścianek kotłów czynnych w wypadkach, gdy woda

zasilająca jest odpowiednio czyszczona, jest zbędne, o tyle jest godne polecenia przy konserwowaniu kotłów nieczynnych. Ale też i łatwiejszą jest decyzja co do stosowania tego lub innego środka do smarowania, odpada bowiem obawa przed możliwością zmniejszenia przewodnictwa ciepła ścianek, pokrytych smarem lub farbą.

Do smarowania kotłów konserwowanych metodą suchą mogą być stosowane bez żadnych skrupułów różnorodne środki, używane do ochrony konstrukcyj żelaznych, byle tylko nie zawierały kwasów, oraz *pod warunkiem, że przed uruchomieniem kocioł będzie wygotowany wodą alkaliczną.*

W rachubę wchodzą trzech rodzajów środki do smarowania kotłów nieczynnych:

a) smoła, czyli produkt suchej destylacji węgla kamiennego, częściowo z dodatkiem grafitu,

b) grafit w postaci zawiesiny w oleju lnianym lub mineralnym, względnie grafit z wodą z dodatkiem substancji kolloidalnych, np. mleka chudego — i

c) farba, a więc minja (tlenek ołowiu) z pokostem.

Ten ostatni środek ma zastosowanie głównie do konserwacji zewnętrznych ścianek kotłów nieczynnych.

Warstwa powłoki musi być cienka, ale bez żadnych przerw, gdyż w takim wypadku zatraca się cel smarowania.

Większość środków do smarowania wydziela palne i trujące gazy, należy więc stosować odpowiednie środki ostrożności przy ich użyciu. Smarowanie opłomek zzewnątrz wskutek ich niedostępności nie może być całkowicie uskutecznione, a więc ma tylko małą wartość.

O ile kocioł nieczynny ma być okresowo uruchomiony, sprawę smarowania jego ścianek należy traktować z największą ostrożnością, stosując raczej środki należące do grupy 2-ej (grafit) i unikając smarowania opłomek i rur płomiennych.

---

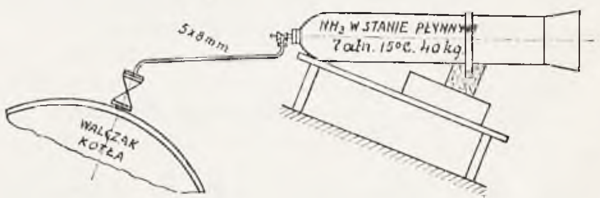
2. Przechodząc do metody drugiej — zabezpieczenie ścianek kotła od zetknięcia z tlenem przy obecności wody, należy zaznaczyć, że ma ona zastosowanie jedynie do ścianek wewnętrznych kotła.

Pomijamy próby wytworzenia próżni w szczelnie zamkniętym nieczynnym kotle, nie mające praktycznych widoków realizacji.

Pomijamy również praktykowane czasem lecz niepraktyczne związanie chemiczne tlenu przez umieszczenie wewnątrz szczelnie zamkniętego kotła piecyków z żarzącym się koksem lub węglem drzewnym. Zanim powietrze, znajdujące się w różnych zakątkach kotła, zdoła się zetknąć z ogniem, żar gaśnie i cały tlen nie jest związany.

W rachubę wchodzi jedynie wyparcie tlenu przez inny nieszkodliwy gaz, lub płyn.

Jako gaz najodpowiedniejszym okazał się amonjak. Ciężar gatunkowy amonjaku stanowi zaledwie 0,59 ciężaru gatunkowego powietrza, dzięki czemu amonjak nie miesza się z powietrzem. Napełnienie amonjakiem uskutecznia się w najwyższym punkcie kotła, a powietrze uchodzi przez otwór spustowy (rys. 3). Amonjak ma tę zaletę, że unieszkodliwia resztki wody, pozostałe w kotle, oraz powstałe podczas pocenia się kotła, gdyż roztwory wodne amonjaku mają reakcję silnie alkaliczną, a punkt zamarzania znacznie niższy. Ze względu na zużycie amonjaku należy jednak możliwie dokładnie osuszyć kocioł, gdyż jedna objętość wody w zwykłych warunkach temperatury i ciśnienia pochłania około 800 objętości amonjaku. Armaturę amonjak silnie nadgryza, wobec czego musi być ona odejmowana. Przy ponownem uruchamianiu kotła należy dokładnie usunąć amonjak ze względu



Rys. 3

na uniknięcie zniszczenia armatury, oraz łopatek turbin parowych i pomp wirowych. Dzięki silnemu zapachowi łatwo ujawniają się nieszczelności w kotle. W kotle napełnionym amonjakiem utrzymuje się nadciśnienie około 100 *mm* słupa wody. Roczne zużycie amonjaku wynosi około 0,6 *kg* na 1 m^3 kotła. Szczególnie nadaje się amonjak do konserwowania przegrzewaczy, z których często trudno jest usunąć bez reszty wodę, co zazwyczaj pociąga za sobą przerdzewienie rurek i potrzebę ich wymiany.

Tlen może być całkowicie usunięty z zewnątrz nieczynnego kotła również zapomocą szczelnego wypełnienia kotła wodą. Jest to t. zw. „mokra metoda" konserwacji. Stosuje się tą metodę przeważnie tam, gdzie kotły nieczynne są od czasu do czasu uruchamiane, oraz tam gdzie temperatura w kotłowni nawet w porze zimowej nie spada poniżej 10°C. Kocioł podlegający mokrej konserwacji należy przedewszystkiem dokładnie oczyścić od strony ognia i wody, a następnie napełnić wodą alkaliczną o liczbie sodowej, co najmniej 400 *mg/l NaOH* (czyli 4 *kg* na 1 m^3 objętości kotła) aż do najwyższego punktu. Zawory, które już poprzednio były doszlifowane, należy szczelnie zamknąć. Woda musi też być dobrze odgazowana. Odgazowanie może być dokonane w samym kotle przez ogrzewanie

wody do temperatury wrzenia, przy otwartych zaworach bezpieczeństwa, dzięki czemu wydzielające się z wody powietrze uchodzi z kotła. Wszelkie nieszczelności w kotle napełnionym wodą powodują powstanie w nim próżni i zasysanie zzewnątrz powietrza. Spostrzeżenia, poczynione w tym kierunku w elektrowni Klingenberg na kotle stromorurowym i kotle sekcyjnym wykazały, że w kotłach nieczynnych wytworzyła się próżnia o 180 do 470 *mm* słupa rtęci, a ilość tlenu wahała od 0,3 do 1,5 *mg/l* i powstawały korozje. To też w Klingenbergu uważają za potrzebne utrzymywać liczbę sodową znacznie wyższą, a mianowicie 1200 — 1500 *mg/l*. Taka alkaliczność chroni od korozji. Przez okresowe sprawdzenie określa się tam alkaliczność wody w różnych punktach kotłów i przez dopompowywanie wodę w kotle dobrze się miesza.

W elektrowni w Charlottenburgu stosują dla nieczynnych kotłów 500 *mg/l* ługu sodowego ($Na\ OH$) i 150 *mg/l* fosforanu sodowego ($Na_3\ PO_4$) czyli liczbę sodową

$$500 + \frac{150}{1,5} = 600\ mg/l\ Na\ OH.$$

Przy takiej koncentracji ługu po spuszczeniu wody do najniższego roboczego poziomu i po ponownem dopompowaniu wody świeżej można kocioł uruchomić bez obawy pienienia się i plucia.

Jako metodę pośrednią pomiędzy usuwaniem tlenu zapomocą amonjaku i wody, uważać należy częściowe napełnienie kotła wodą i usunięcie resztek tlenu przez parę. Ten stan rzeczy zachodzi automatycznie w kotłach odstawianych od pracy i czasowo nieczynnych, o czem mówiliśmy na początku. Próżnia, która się wytwarza w takim kotle po jego ostygnięciu, jak wiemy, z czasem się psuje, gdyż powietrze zewnętrzne dostaje się do kotła przez nieszczelną armaturę. Konieczne więc jest okresowe odnawianie próżni i usuwanie zassanego powietrza, co się uskutecznia przez rozpalanie kotła, podniesienie ciśnienia do $^1/_2$ *atn* i usunięcie powietrza przez zawory bezpieczeństwa, względnie przez specjalny otwór, umieszczony w najwyższym punkcie kotła. Okresowe podgrzewanie może być zbędne, o ile woda posiada dość wysoką alkaliczność, a kocioł jest dostatecznie szczelny. Przy takiej konserwacji należy jednak zawsze pamiętać, że woda skraplająca się na ściankach przestrzeni parowej nieczynnego kotła skutkiem pocenia się — jest kondensatem a więc może być przyczyną wyrdzewień w przestrzeni parowej. Należy więc zapobiegać możliwości pocenia się kotła.

3. Przechodzimy do metody trzeciej: zabezpieczenia ścianek kotła od zetknięcia się z wodą przy obecności powietrza.

Metoda ta polega na zabiegach zmierzających do:

a) całkowitego usunięcia z kotła wszelkich resztek wody, które mogą się znajdować w nim po spuszczeniu wody przez zawór spustowy,

b) do ochrony przed ponownem dostawaniem się wody i pary,

c) do ochrony przed poceniem się kotła.

Co do p. a). Zwrócić tu należy uwagę na to, że często dookoła otworu spustowego istnieją pierścienie wzmacniające, które utrudniają samoczynne spłynięcie całej wody z kotła. Z poszczególnych dzwon płaszcza kotłów również woda nie zawsze może spłynąć samoczynnie, gdyż stoi temu na przeszkodzie sąsiednie dzwono położone o grubość blachy wyżej. Mamy dalej w zbiornikach pary zakątki, w których woda zawsze może pozostać, o ile zatkane są specjalne otwory do odwodnienia tych miejsc. Wreszcie trudnem jest często usunięcie wody z wygiętych opłomek i rurek przegrzewaczowych.

Otóż zadanie konserwatora polega na tem, by nie ograniczać się jedynie do samoczynnego opróżnienia kotła, lecz zarządzić dokładne osuszenie wszystkich ścianek kotła i rurek wodnych, parowych i przegrzewaczowych od resztek wody i wilgoci, stosując wycieranie suchemi odpadkami, przedmuchiwanie rurek powietrzem zgęszczonem, o ile jest ono do dyspozycji, a wreszcie na ostrożnem podgrzewaniu kotła, unikając miejscowego przegrzania blach, — przyczem włazy i otwory wyczystkowe powinny być otwarte.

Co do p. b). Dostawaniu się ponownemu wody i pary do nieczynnego kotła zapobiec można przez założenie ślepych kołnierzy na wszystkich przewodach wodnych i parowych, względnie przez zamknięcie zaworów i odjęcie przyległych odcinków przewodów. Należy zwracać uwagę na to, by nie został pominięty najmniejszy przewód, przez który mogłaby się dostać woda, lub para do nieczynnego kotła, gdyż może to zniweczyć wszystkie zabiegi konserwacyjne.

Co do p. c). Wreszcie szczególną uwagę należy poświęcić sprawie pocenia się kotłów nieczynnych.

Ponieważ pocenie się jest wynikiem osiągnięcia przez powietrze punktu rosy,

a) należy albo unikać większego oziębienia się powietrza stykającego się z żelazem, albo,

b) też starać się obniżyć wilgotność powietrza do takiej wartości, ażeby przy oziębieniu nie mógł być osiągnięty punkt rosy.

Jak już widzieliśmy, powietrze zawarte w kanałach spalinowych i wewnątrz zamkniętego i opróżnionego z wody kotła, jest w stanie powodować wielokrotnie zjawisko pocenia się w zależności od wahania temperatury; przy oziębianiu się osadza ono rosę na ściankach, przy podniesieniu temperatury — znowu ją wchłania.

W szczelnie bowiem zamkniętych przestrzeniach, które nie zawierają wody, punkt nasycenia i punkt rosy są stałe i są określone tylko przez zawartą w powietrzu ilość wody w postaci pary wodnej.

Ażeby obniżyć punkt rosy, musimy bądź to wprowadzić do tej przestrzeni powietrze dobrze wysuszone, bądź też zmniejszyć wilgotność zawartego w niej powietrza przez umieszczenie środków hygroskopijnych.

Wprowadzenie do kotłów powietrza sztucznie osuszonego ma oczywiście rację bytu tylko pod warunkiem zupełnej szczelności, gdyż w przeciwnym razie prędko dzięki dyfuzji następuje wyrównanie wilgotności tego powietrza z powietrzem w kotłowni.

Dobre natomiast wyniki daje umieszczenie w kotłach środków hygroskopijnych, a mianowicie chlorku wapnia $Ca\ Cl_2$ lub świeżo palonego wapna.

Naczynia, zawierające te chemikalja, należy wykonać z materjału odpornego na działanie kwasów i dostatecznie pojemne. Ze względu na pobieranie wody naczynia wypełnia się tylko do $^1/_3$ ich pojemności. Umieszcza się naczynie możliwie w środku kotła, względnie rozmieszcza się kilka naczyń, w zależności od konstrukcji kotła, w ten sposób, by wchłanianie wilgoci było możliwie ułatwione. Zawartość naczynia (około 3 *kg*) należy odnowić skoro stanie się płynną. Następnie po miesiącu musi być dokonana kontrola, a później wystarcza zmieniać zawartość naczyń co 3 miesiące.

Roczne zapotrzebowanie chlorku wapnia dla kotła średniego wynosi 10 — 15 *kg*. Stosowanie wapna palonego jest tańsze i również godne polecenia. Zaletą tego środka jest to, że pochłania nie tylko wilgoć, lecz i bezwodnik węglowy.

W przeciwieństwie do powietrza zamkniętego w pewnej przestrzeni, mającego stały punkt rosy, — dla powietrza zewnętrznego punkt ten zależny jest od różnych okoliczności, a przedewszystkiem od pogody, tak że pocenie się ścianek kotła, stykających się z powietrzem zewnętrznem, może nastąpić przy bardzo różnych temperaturach.

Mierząc temperaturę i wilgotność powietrza w kotłowni, oraz temperaturę ścianek kotła, można zgóry określić, kiedy nastąpi pocenie się, o ile powietrze to wprowadzimy do kotła.

Przy małej różnicy pomiędzy temperaturą, a punktem rosy najczęściej nie można uniknąć pocenia się zimniejszych nieco ścianek kotła. Jeżeli jednak różnica ta jest nieco większa, można w ten sposób uregulować szybkość przepływu strumienia powietrza np. przez kanały spalinowe kotła nieczynnego o ściankach zimniejszych od tego powietrza, że punkt rosy nie będzie przekroczony. Sam proces oziębiania się powietrza wymaga bowiem pewnego czasu i powietrze opuszcza kocioł, zanim się oziębi do punktu rosy. Równocześnie ten strumień cieplejszego powietrza ogrzewa stopniowo ścianki kotła, a więc sytuacja stopniowo się polepsza i możliwość powstawania rosy zmniejsza się.

Przewietrzanie kanałów spalinowych wymaga jednak nadzwyczajnej uwagi i ścisłej kontroli. O ile bowiem przez niedopatrzenie punkt rosy zostanie przekroczony, to wciąż na nowo wprowadzane ilości zewnętrznego powietrza pozostawiają na ściankach kotła części swej wilgoci i zawilgocenie kotła wzrasta.

W pewnych więc wypadkach wskazane jest uchylanie zasuwy kominowej i przewietrzenie kanałów spalinowych nieczynnego kotła, zwłaszcza w letnie gorące dni, czasem natomiast należy zasuwy kominowe szczelnie zamykać, — kierując się wskazaniami hygrometru.

W pewnych warunkach przewietrzanie, jako środek konserwacyjny, może być stosowane i do wnętrza kotłów parowych, zwłaszcza tam, gdzie kotły nieczynne znajdują się w jednej kotłowni z kotłami czynnemi i gdzie powietrze jest suche i ciepłe. W takich wypadkach po dokładnem osuszeniu kotła i przegrzewacza zostawia się włazy otwarte, jak również dolne rzędy zamknięć opłomkowych w komorach i sekcjach, obserwując jednak stale, czy nie tworzy się wewnątrz kotła rosa. Znanym jest przytem fakt, że poceniu się ulega nie zawsze cała powierzchnia kotła, lecz często tylko pewne jej partje.

Doświadczenie wykazuje, że szczególnie w kotłach wodnorurkowych o rurkach pochyłych cierpią tylne końce opłomek w pobliżu tylnych komór lub sekcji i po dłuższej nieczynności kotła muszą być zmienione.

---

4. Sprawa unieszkodliwienia wody, którą się wypełnia kotły, konserwowane metodą „mokrą“, zapomocą środków chemicznych została omówiona poprzednio.

Na tem kończymy przegląd metod konserwacji nieczynnych kotłów parowych. Sprawa wyboru tej lub innej metody zależy od warunków lokalnych, od typu kotła, jego wymiarów, sposobu obmurowania, od sąsiedztwa czynnych kotłów, od czasu trwania nieczynności i t. d.

Często daje dobre wyniki kombinowanie różnych metod, względnie stosowanie ich kolejne w zależności od zmiany warunków zewnętrznych.

Kotły przenośne np. na parowozach, czerpakach, lokomobilach i t.p., w których zazwyczaj trudno jest osiągnąć szczelność w stosunku do powietrza, należy konserwować po dokładnem oczyszczeniu przy otwartych włazach, umieszczając kotły te o ile możności w remizach i szopach zamkniętych i suchych, lub przynajmniej okrywając je płótnem żaglowem.

Armaturę należy odjąć, oczyścić i przechowywać w suchem miejscu.

Przy kotłach stałych należy również odpowiednio konserwować armaturę. Zwrócimy tu uwagę na konieczność odjęcia względnie zabezpieczenia rur, odprowadzających na dach parę z zaworów bezpieczeństwa, gdyż przez nią może się dostawać do nieczynnej kotłowni woda z opadów atmosferycznych, należy odciążyć dźwignie zaworów bezpieczeństwa, odkręcić naśrubki przy płaskich szkłach wodowskazowych, by te szkła odciążyć. Wszystkie części poślizgowe i obrotowe przy rusztach mechanicznych, oraz transporterach należy oczyścić i naoliwić. Bunkry opróżnić i oczyścić. Czopuch i podstawę komina nieczynnego kotła dokładnie oczyścić od popiołu i sadzy, a uszkodzone obmurze naprawić.

Literatura.

1. Konservierung, Wartung und Wiederinbetriebnahme stillgesetzter Kraftwerksanlagen—Vereinigung der Elektrizitätswerke E. V. 1933.
2. R. Stumper. — Die Chemie der Bau- und Betriebsstoffe des Dampfkesselwesens Berlin. J. Springer 1928.
3. Kesselbetrieb.—Vereinigung der Grosskesselbesitzer. — Berlin. J. Springer 1931.
4. Speisewasserpflege. — Vereinigung der Grosskesselbesitzer. — Berlin. J. Springer 1926.
5. Korrosion. — V. D. I. — Verlag 1932.
6. Dr. Ing. N. Christmann.—Kesselspeisewasser und Dampfkesselschäden Z. d. B. R. V. 1933.
7. Technischer Jahresbericht des Bayer. Rev. — Verein 1931. — Z. d. B. R. V. 1932.
8. Die Wärme 1932 str. 86 — por. Ind. Engng. Chem. 1931. Vol. 23. str. 1000 — 1002 Korrosionen an Stahl infolge Sauerstoff enthalt. Wasser.
9. Die Wärme 1933 str. 14-por. Richter „Maschinenschäden" 1932 str. 149. Die Sauerstoffaufnahme in wassergefüllten, abgestellten Kesseln.
10. Die Wärme. 1933 Nr. Nr. 13 — 14. Dr. - Ing. G. Ammer u. Dr. phil. Müller - Neuglück. Ueber Innenastrichmittel für Dampfkessel u. ihre Prüfung.

Inż. EUGENJUSZ WOLNIEWICZ i *Inż. ADAM EMIL SIERZPUTOWSKI.*

O NOWOCZESNYCH SPOSOBACH POMIARU TEMPERATURY.

(Por. *Technika Cieplna*, str. 186, 1933 r.).

6. **Termoelementy.**

A. Podstawy teoretyczne.

Pirometry termoelektryczne należą dziś do najbardziej rozpowszechnionych instrumentów do pomiaru temperatury z powodu ich najważniejszych zalet, jakiemi są: małe rozmiary, łatwość przekazywania wskazań na odległość i ich zapisywanie, mała bezwładność. Działanie termoelementów polega na powstawaniu siły elektromotorycznej w podgrzanem spojeniu dwóch metali.

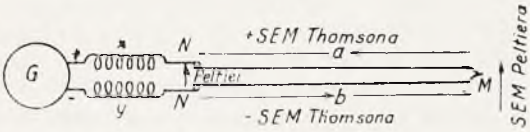
Zjawisko powstawania siły elektromotorycznej zauważone zostało po raz pierwszy przez Seebecka (1821), który stwierdził powstawanie prądu elektrycznego w obwodzie dwóch połączonych z sobą drutów, jeśli miejsca ich połączeń znajdowały się w różnych temperaturach. Każde przewodzące połączenie dwóch metali jest źródłem siły elektromotorycznej, zależnej od jego temperatury (efekt Peltiera). W zamkniętym obwodzie wypadkowa siła elektromotoryczna jest algebraiczną sumą sił elektromotorycznych powstałych w poszczególnych miejscach obwodów.

Zjawiska termoelektryczne są odwracalne. Jeśli w zamkniętym obwodzie złożonym z dwóch różnych przewodników puścimy prąd to spojenia ich będą się zgodnie z prawem Le Chatelier'a [1]) nagrzewać wzgl. oziębiać zależnie od kierunku prądu. Zjawisko to znane jest pod nazwą odwrotnego efektu Peltiera i występuje we wszystkich spojeniach termopary.

Drugiem zjawiskiem występującem w termoelemencie jest efekt Thomsona, polegający

[1]) P. Broniewski. Zasady metalografji.

na występowaniu sił elektromotorycznych wzdłuż jednorodnego przewodnika na skutek niejednostajności temperatury. W termoparach występuje jeszcze trzecie zjawisko znane pod nazwą efektu Becquerela, polegające na powstawaniu sił elektromotorycznych na skutek fizycznych i chemicznych niejednorodności w drutach. Wszystkie te zjawiska wpływają w praktyce na wynik pomiaru temperatury termoelementem i dlatego muszą być uwzględniane lub przez odpowiednią konstrukcję i instalację usuwane. Rys. 9 wskazuje lokalizację poszczególnych efektów w termoparze. Scharakteryzujemy ich wpływy po kolei.



Rys 9

Uważając obwód termopary za maszynę elektrodynamiczną, pomijając opór omowy obwodu. obwód termopary może być porównany do odwracalnej maszyny cieplnej. Jeśli jedno spojenie jest nagrzane wyżej niż drugie, ciepło będzie absorbowane w gorącem spojeniu. Część tej energji cieplnej zużyje się na pracę tej maszyny obecnie funkcjonującej jako silnik, a pozostała część ciepła zostanie odprowadzona do zimnych spojeń, jako rezerwoar niskiej temperatury maszyny. Jeśli uważać że proces podlega pierwszemu prawu termodynamiki, równanie otrzymane będzie wiązać spółczynnik Peltiera P i Thomsona S. Równanie to jest następujące:

$$E\,q = P_1\,q - P_2\,q + q\int_{T_1}^{T_2} S_a\,dT - q\int_{T_1}^{T_2} S_b\,dT \quad (13)$$

gdzie P_1 wzgl. P_2 jest ilością ciepła wywiązywanego lub absorbowanego w spojeniu gorącem wzgl. zimnem, kiedy jednostka elektryczności przepływa przez to spojenie; S_a wzgl. S_b przedstawia ciepło wywiązane wewnątrz metalu, kiedy jednostka elektryczności płynie z danego miejsca do miejsca sąsiedniego, różniącego się temperaturą o 1°C.

Uważając że cykl jest odwracalny, drugie prawo termodynamiki przedstawi się w sposób następujący

$$\int \frac{d\,W}{T} = 0,$$

skąd

$$\frac{P_1}{T_1} - \frac{P_2}{T_2} + \int_{T_1}^{T_2} \frac{S_a \cdot d\,T}{T} - \int_{T_1}^{T_2} \frac{S_b \cdot d\,T}{T} = 0 \quad (14)$$

Rozwiązując układ (13) i (14) otrzymujemy następujące zależności

$$P = T \cdot \frac{\partial E}{\partial T} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (15)$$

$$S_a - S_b = T \cdot \frac{\partial^2 E}{\partial T^2} \quad . \quad (16)$$

Zakładając, że dla termopary siła elektromotoryczna E związana jest zależnością drugiego stopnia z temperaturą mianowicie $E = a + b\,T + c\,T^2$ otrzymujemy efekt Peltiera:

$$P = b\,T + 2\,c\,T^2 \quad . \; . \; . \quad (17)$$

oraz efekt Thomsona

$$S_a - S_b = 2\,cT \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (18)$$

Dla termopar z prostolinijnym przebiegiem siły elektromotorycznej (gdy $c = 0$), $P = bT$, a $S_a - S_b = 0$ dla wszystkich temperatur. Dla tych więc termopar znika poważne źródło błędów jakiem jest efekt Thomsona.

Odwrotny efekt Peltiera przejawiający się w zmianie temperatury spojenia termopary na skutek przepływającego w niej prądu daje się ująć obliczeniowo w następujący sposób. Jeśli prąd elektryczny przepływa przez spojenie termopary to powstaje w niej spadek lub podniesienie temperatury. Wielkość tej zmiany temperatury zależy od możliwości wymiany ciepła pomiędzy spojeniem a otoczeniem. Poczyńmy następujące założenia. Termoelement o długości l znajduje się w temperaturze T. Gorące spojenie leży w środku spółrzędnych. Na skutek przepływu prądu 1 A zużywa się w gorącem spojeniu ciepła Q, wskutek czego jego temperatura jest T_o; $(T - T_o)$ — szukany błąd $\Delta\,t$; u — całkowity obwód drutów termoelementu, f — całkowity przekrój termoelementu; α—spółczynnik przechodzenia ciepła; λ — spółczynnik przewodzenia ciepła przez termoelement, t — temperatura w miejscu x termoelementu. Równanie przedstawiające oddawanie ciepła Q otoczeniu, przyczem cały termoelement bierze w tem udział, jest następujące:

$$\frac{d^2 t}{d x^2} = A^2\,(T - t) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (19)$$

przyczem $A = \sqrt{\dfrac{u\,.\,\alpha}{\lambda\,.\,q}}$ . . . . (20)

Stąd $(T - t) = C_1\,.\,e^{Ax} + C_2\,.\,e^{-Ax}$ . . . . . . (21)

z warunkami granicznemi:

$$-\lambda\,.\,q\left(\frac{dt}{dx}\right)_{\lambda = 0} = \lambda\,.\,q\,.\,A\,(C_1 - C_2) = Q\,. \quad . \;(22)$$

$$T - T_o = \Delta t = C_1 + C_2 \quad . . . . . . (23)$$

i stąd $\Delta t = \frac{Q}{\sqrt{u \alpha f \lambda}} \cdot \frac{\sinh Al}{\cosh Al}$ . . . . . (24)

Ponieważ Sinh φ i cosh φ różnią się dopiero na piątem miejscu przy argumencie 5,9 można dla wszystkich wypadków zachodzących w przemyśle a nawet laboratorjum przyjąć:

$$\frac{\sinh Al}{\cosh Al} = 1$$

stąd $\Delta t = -\frac{Q}{\sqrt{u \alpha f \lambda}}$ . . . . (25)

wyrażający błąd powstały z efektu Peltiera.

Efekt Peltiera znosi się w zimnych spojeniach, jeśli metal zamykający obwód leży w szeregu napięciowym Seebecka pomiędzy materjałami termoelementu, w przeciwnym wypadku całkowity efekt Peltiera albo wzrasta albo spada. Daje to możność przez dobór materjału obwodu zamykającego skompensować efekt Peltiera na gorącem spojeniu.

Dla termopary srebro-konstantan o dług. 1 *m* i średnicy drutu 1 *mm*: $(\Delta t/_{100\ mA} = 0{,}304^0C$. Dla $J = 0{,}065\ mA$ precyzyjnego galwanometru błąd ten nie gra roli i leży poniżej osiągalnej dokładności amperometru. Tylko tam gdzie płynie duży prąd (instrumenty samopiszące) odwrotny efekt Peltiera może odgrywać rolę. Wartość jego rośnie ze zmniejszeniem przekroju drutów, oraz ze zmniejszeniem temperatury mierzonej, więc właśnie dla laboratoryjnych pomiarów może mieć wpływ. W praktyce można go pominąć.

Wywiązywane wskutek przepływu prądu ciepło Joule'a nie odgrywa roli, gdyż podnosi ono zarówno temperaturę gorącego jak i zimnych spojeń, a stąd powstałe siły elektromotoryczne są skierowane odwrotnie.

Efekt Becquerela występuje często w termoelementach. Miejsca, gdzie zmienia się struktura drutów działają tak samo jak spojenia metali i wywiązują siły elektromotoryczne zależne od temperatury, które sumują się z siłą główną termoelementu. Jeśli cały drut jest niejednorodny, to na całej jego długości wywiązują się siły elektromotoryczne zależne od przebiegu temperatury drutów.

Niejednorodność drutów może być skutkiem nieodpowiedniej obróbki termicznej mianowicie niezupełnego wyżarzenia, lub też skutkiem miejscowego zgniecenia drutu, załamania i t. p. Przed użyciem druty na termopary muszą być zupełnie wyżarzone w temperaturze wyższej od tej w jakiej będą używane. Przeważnie już ogrzewanie w temperaturze powyżej 600°C i powolne studzenie usuwa dostatecznie wszelkie różnice budowy. Warunki te omówimy jeszcze przy rozpatrywaniu materjału na termopary.

Wszystkie te zjawiska nie dają się uwzględnić w zasadniczej funkcji termopary, dlatego przez odpowiednie przygotowanie materjału i instalację powinny być usuwane ich źródła. Wówczas, przynajmniej w pracach przemysłowych, ich wpływ może być pominięty. Pozostają więc dwa zasadnicze źródła siły elektromotorycznej termopary mianowicie gorące i zimne spojenia.

Pomiar temperatury termoelementem odbywa się pośrednio przez pomiar siły elektromotorycznej. Dokonane to może być w dwojaki sposób: 1) przy pomocy galwanometru w obwodzie — pomiar prądu płynącego w obwodzie termopary lub 2) metodą kompensacyjną. Druga metoda jest naturalnie dokładniejsza i używana w laboratorjach. Pierwsza jest obciążona w stosunku do tamtej szeregiem błędów jak np. błąd wskutek straty siły elektromotorycznej w obwodzie termopary, błąd wskutek zmian oporu przewodów wraz z temperaturą i t. p., jest jednakże prostszą i dlatego dziś jeszcze powszechnie stosowaną. Dodać należy, że przy dzisiejszej technice budowania galwanometrów błędy wymienione mają znacznie mniejszy wpływ na wyniki pomiarów temperatury. Opiszemy najpierw pierwszy sposób.

Zasadniczemi częściami termopary są (rys. 10: 1) gorące spojenie *a*, umieszczone w miejscu którego temperaturę chcemy zmierzyć, 2) druty termopary *b*, 3) druty kompensacyjna *c* (w długich termoparach), 4) zimne spojenia *d*, t. j. miejsca złączenia drutów termopary wzgl. przewodów kompensacyjnych z zaciskami, wzgl. drutami miedzianemi, prowadzącemi do galwanometru i 5) galwanometr *e*.

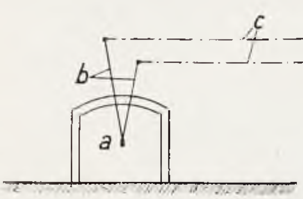
Jeśli temperatury gorącego i zimnych spojeń są jednakowe, wówczas suma algebraiczna sił elektromotorycznych powstałych w nich, jest równa zeru. Jeśli podgrzejemy gorące spojenie do temperatury *t*, a zimne spojenia pozostaną w temperaturze t_0, wówczas siła elektromotoryczna gorącego spojenia wzrośnie i w obwodzie termopary popłynie prąd, który spowoduje wychylenie cewki galwanometru. Siła elektromotoryczna powstała w termoparze zależna jest od temperatury spojeń — gorącego i zimnych: $E = f\ (t, t_0)$.

Ścisłej zależności teorytycznej, ustalającej kształt tej funkcji odnaleźć nie zdołano. Z pośród szeregu proponowanych wzorów, które mniej lub więcej dla pewnych zakresów temperatur odpowiadały wynikom doświadczeń, wybrano jako najodpowiedniejszą funkcję ustaloną poraz pierwszy przez Holborna i Day'a:

$$E = a + b\,(t - t_0) + c\,(t - t_0)^2 \quad . . (26)$$

którą się dziś dla przeważnej liczby termopar i obszarów mierniczych stosuje.

Chcąc posługiwać się tym wzorem należy określić wartość spółczynników *a, b* i *c*. Wyznacza się je, wzorcując termoparę w temperaturze wrzenia wzgl. topnienia trzech ciał np. siarki, antymonu, srebra (wzgl. dwóch dla



Rys. 10
Zasadnicze części termopary.

obszarów zawierających 0^0) w ten sposób, że t_0 pozostaje stałe podczas pomiaru przez utrzymanie np. zimnych spojeń w termostacie. Otrzymana w ten sposób funkcja już w takiej postaci, wzgl. w postaci wykresu lub skali, może być użyta do odczytywania temperatury danym termoelementem z tem jednak zastrzeżeniem, że temperatura zimnych spojeń jest ta sama, w której wzorcowano termoparę.

Jeśli ta temperatura ulegała zmianie, to wynik pomiaru będzie nieprawidłowy, gdyż siła elektromotoryczna termopary zmniejszy się lub zwiększy, zależnie od kierunku zmiany $(t'_0 - t_0)$, gdzie t_0 — temperatura wzorcowania zimnych spojeń podczas pomiaru, a pozatem zmienią się wartości spółczyników *a, b, c*, gdyż są one funkcjami temperatury zimnych spojeń: $a, b, c = f(t_0)$, ich zmiana zaś pociąga za sobą zmianę kształtu krzywej.

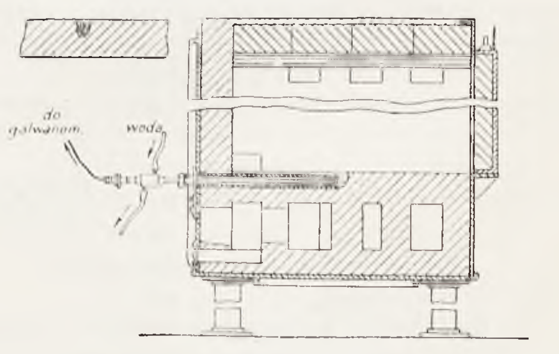
Międzynarodowa skala temperatur w obszarze 660 ÷ 1063° C (punkt krzepnięcia złota) wyrażona siłą elektromotoryczną termopary Pt — $PtRh$ określona jest także powyższym wzorem: $e = a + bt + ct^2$, przyczem zimne spojenia utrzymywane są w temperaturze 0^0. Stałe *a, b, c* określane są przez wzorcowanie termopary w punktach krzepnięcia antymonu, srebra i złota.

B. Zimne spojenia.

Przy dokładnym pomiarze temperatur należy utrzymywać zimne spojenia w stałej temperaturze. Pozbywamy się w ten sposób wszelkich kłopotów, związanych z uwzględnianiem zmiany temperatury zimnych spojeń i podnosimy doładność i pewność pomiaru. Jeśli jednak odpowiedniego urządzenia dla danej termopary nie zainstalowano, wówczas dla każdej temperatury zimnych spojeń t'_0 należałoby mieć oddzielny wykres termopary $E = f(t, t'_0)$. Naogół jednak termoparę zaopatruje się w jedną krzywą wzgl. skalę, otrzymaną z wzorcowania przy pewnej temperaturze spojeń (0^0 lub 20^0) i wówczas do odczytanej na galwanometrze temperatury, wzgl. napięcia, należy wnieść poprawkę, której wielkość zależna jest zarówno od temperatury zimnych jak i gorącego spojenia. Zgóry rezygnujemy wtedy ze ściśle prawidłowego pomiaru, bowiem wszystkie sposoby kompensacji zmian temperatury zimnych spojeń, o których w dalszym ciągu mówić będziemy, w mniejszym lub w większym stopniu zmniejszają błąd bowstały, ale go całkowicie nie usuwają, a jeśli pomimo tego znalazły dość duże zastosowanie, chociaż nie zawsze odznaczają się prostotą, to tłumaczyć to można tem tylko, że dostarczanie lodu do utrzymania temperatury 0^0 w przemyśle jest rzeczą bardzo kłopotliwą, a zainstalowanie termostatu do niedawna połączone było z dużemi kosztami.

Niebezpieczeństwo błędów tkwiące w zimnych spojeniach doprowadziło do wynalezienia dużej ilości różnych sposobów kompensacji, które dopiero w ostatnich czasach w związku z coraz większemi wymaganiami, stawianemi dokładności temperatur w przemyśle, ustępują powoli miejsca ogólnej tendencji do utrzymania zimnych spojeń w temperaturze stałej. Podamy tu tylko najczęściej spotykane sposoby kompensacji [1]).

Jednym z najstarszych sposobów jest chłodzenie głowicy pirometrów przepływającą wodą. Sposób ten stosowany między innemi przez firmę Hartmann i Braun jest prawie zarzucony z powodu trudności konstrukcyjnych i niebezpieczeństwa dostania się wskutek nieszczelności wody pomiędzy druty termopary, co jest przyczyną niszczenia jej i powstawania prądów galwanicznych, psujących pomiar temperatury (rys. 11)



Rys. 11
Chłodzenie głowicy pirometrów przepływającą wodą.

Sposób ten ustąpił miejsca tendencji ogólnej do przenoszenia zimnych spojeń termoelementu w miejsca odległe o niższej temperaturze, gdzie wahania temperatury są stosunkowo nieduże. Końce właściwych drutów termopary, znajdujące się w pobliżu pieca, posiadają przeważnie temperaturę daleką od

[1]) Obszerne omówienie tego zagadnienia znajduje się w artykule tychże autorów w Nr. 3 *Mechanika* 1934 r.

temperatury wzorcowania (20° C), a niejednokrotnie nagrzewają się do temperatury 100° C, 200° C i wyżej. Odprowadzenie zimnych spojeń termoelementu do miejsca o niższej temperaturze posiada dwie zalety: 1) łatwiejszą kompensację zmian temperatury zimnych spojeń i 2) znaczny wzrost siły elektromotorycznej termopary wskutek obniżenia temperatury zimnych spojeń i, co za tem idzie, wzrost dokładności pomiaru.

Przewody służące do odprowadzania zimnych spojeń w miejsca o niższej temperaturze nazywamy kompensacyjnemi. Dla termopar z materjałów nieszlachetnych robi się je z tych samych materjałów co termopara, lecz o mniejszym przekroju, przytem w postaci kilkożyłowych kabelków w izolacji azbestowej, wytrzymałej na temperatury do 300° C. Dla termopar platynowych robi się przewody kompensacyjne ze stopów nikiel — miedź (przewody Peak'a), które w granicach od 0° do 500° posiadają te same własności termoelektryczne co *Pt* ÷ *PtRh*. Przewody te nie kompensują, biorąc pojedyńczo, jeśli jednak głowicę termopary wykonamy tak, aby połączenia obu końców przewodów były możliwie blisko siebie, w jednej temperaturze, wówczas kompensują one z dokładnością 5° C na 200° C zmiany temperatury połączenia termopary z przewodami kompensacyjnemi. Następująca tablica ilustruje zgodność sił elektromotorycznych termopary *Pt* ÷ *PtRh* i przewodów kompensacyjnych.

t^0 C	*Pt PtRh* *mV*	Przew. komp. *mV*
0	0	0
100	0,64	0,62
200	1,42	1,39
300	2 29	2,26
400	3,21	3,18
500	4,17	4,15

Dla uniknięcia możliwości zamiany biegunów robi się je zwykle różnej grubości (Siemens), przytem grubszy drut powinien być łączony z plusem (*PtRh*, *NiCr*, *Fe*), lub też wyróżnia się je w inny swosób. W termoparze platynowej miedziany przewód kompensacyjny należy łączyć z drutem *PtRh*, zaś miedziano-niklowy z *Pt*, a zatem czysty metal ze stopem. Prawidłowość połączenia można łatwo sprawdzić. Jeśli przewody kompensacyjne zostały właściwie połączone z termoelementem, to podgrzewanie lub studzenie miejsc złączenia nie wywoła wychylenia galwanometru. Uzgodnienie biegunów wymaga szczególnej uwagi, bowiem zamiana ich powoduje błąd dwa razy większy, niż błąd bez stosowania kompensacyjnych przewodów.

Przewody kompensacyjne robi się tak długie, by ich końce znalazły się w miejscu o niedużych wahaniach temperatur i łączy się je tam z przewodami miedzianemi, prowadzącemi do galwanometru. Miejsca połączeń przewodów kompensacyjnych z drutami miedzianemi prowadzącemi do galwanometru, są właściwemi zimnemi spojeniami termoelementu i ich zmiany temperatur kompensuje się jednym z dalej opisywanych sposobów.

(D. c. n)

Z CODZIENNEJ PRAKTYKI.

Skutki nadmiernych oszczędności.

W związku z obecnym kryzysem gospodarczym przedsiębiorstwa przemysłowe zmuszone są do jaknajdalej idących oszczędności. Idąc po linji najmniejszego oporu czynią te oszczędności na personelu. Cały szereg drobnych przedsiębiorstw poredukowało maszynistów, a obowiązki ich wbrew logice i przepisom powierzyło palaczom. Dopóki fabryka i maszyna parowa pracują bez usterek, dopóty palacz tylko od czasu do czasu zagląda do maszynowni, a kocioł obsługuje należycie. Natomiast, gdy powstanie jakieś uszkodzenie maszyny, lub przerwa w fabryce, palacz zastępujący maszynistę biegnie na ratunek, pozostawiając kocioł na opiece przygodnego robotnika. Licząc na to, że zdąży powrócić by dopompować wody do kotła, poleca takiemu robotnikowi dorzucanie węgla, aby „zegar" (manometr) wskazywał wciąż tę samą cyfrę. Często jednak nieobecność palacza przedłuża się, czasami nawet nie z jego winy, a wtedy kocioł zostaje „spalony".

„Spalenie" kotła, czyli przegrzanie blach z braku wody, szczególnie przy starych kotłach grozi nawet wybuchem kotła. Jeden z tych wypadków przedstawiony jest na załączonych fotografjach (rys 1 i 2). W danym wypadku wychodząc z ilości spalonego węgla oraz z obniżenia się poziomu wody w kotle, można było ustalić, że nieobecność

palacza trwała przeszło dwie godziny. Nie trzeba chyba tłumaczyć, że takie uszkodzenie nie pozwala na dalszą pracę kotła. W wyniku więc zamiast oszczędności właściciel naraża się na wielkie koszta remontu kotła i postoju fabryki — co nieraz decyduje o egzystencji całego przedsiębiorstwa.

K. S.



Rys. 1



Rys. 2

KRONIKA TECHNICZNA

Obliczenie kotła na ciepło odpadkowe[1]).

Zagadnienie wykorzystania, do ogrzewania kotłów parowych, ciepła odpadkowego z silników spalinowych wzgl. z pieców przemysłowych, sprowadza się w praktyce do obliczenia, jaką wydajność pary można uzyskać dla danego ciśnienia, do obliczenia wymiarów kotła, a następnie może być dopiero przeprowadzona kalkulacja, uwzględniająca koszty potrzebnych inwestycyj.

Pomijając specjalne konstrukcje kotłów na ciepło odpadkowe, jak np. La Monta, Bemaga i t. p., są one zwykle budowane jako płomieniówkowe wzgl. wodnorurkowe. Obecnie, najczęściej do tego celu stosowany jest kocioł płomieniówkowy, ponieważ odpada przy nim obmurowanie i przez nieszczelności przedostają się małe ilości powietrza. Z tego względu zostanie omówiony poniżej sposób obliczenia kotła płomieniówkowego.

Jeżeli przewód doprowadzający gazy spalinowe jest dostatecznie szczelny i niezbyt długi, można pominąć nieznaczne straty ciepła i przyjąć temperaturę gazów uchodzących z silnika wzgl. z pieca, równą temperaturze na wejściu do kotła. O ile jednak kocioł ma mieć przegrzewacz pary, który musi być ustawiony przed kotłem, to w tym wypadku należy już uwzględnić spadek temperatury gazów spalinowych w przegrzewaczu.

Ilość ciepła, jaka przejdzie w godzinę z gazów spalinowych przez powierzchnię ogrzewalną do wody zawartej w kotle, określa równanie:

$$\delta \cdot B \cdot G \cdot c_p \cdot (t_1 - t'_1) = D \cdot (i - t_0) = k \cdot t_m \cdot H$$

gdzie: k — sumaryczny spółczynnik przenoszenia się ciepła ze spalin na wodę w Kal/m^2 godz. i $1^0 C$,

t_m — średnia różnica temperatur gazów spalinowych i ogrzewanej wody w ^0C,

H — powierzchnia ogrzewalna kotła w m^2,

δ — spółczynnik uwzględniający straty ciepła spalin na drodze do kotła (nieszczelności, ochładzanie się przewodu i t. d.); δ — zależnie od warunków można przyjąć równy $0{,}9 \div 0{,}92$,

B — ilość spalanego paliwa w silniku wzgl. w piecu w kg/godz.,

G — ilość gazów spalinowych, przy całkowitem spalaniu 1 kg paliwa w kg,

c_p — ciepło właściwe 1 kg spalin; dla temperatur najczęściej spotykanych 400 — 750^0 C, średnio można przyjąć $c_p = 0{,}26$,

t_1 — temperatura gazów na wejściu do kotła w ^0C,

t'_1 — temperatura gazów za kotłem,

D — wydajność pary w kg/godz.,

i — cieplik pary dla danego ciśnienia na wyjściu z kotła,

t_0 — temperatura wody zasilającej,

η — sprawność kotła na ciepło odpadkowe; do obliczeń można przyjmować $\eta = 0{,}5 \div 0{,}6$.

Temperaturę spalin za kotłem wyznacza zależność:

$$\eta \cdot (t_1 - t'_0) = \delta \cdot (t_1 - t'_1) \text{ skąd } t'_1 = t_1 - \frac{\eta}{\delta}(t_1 - t'_0)$$

gdzie t'_0 — temperatura zasysanego powietrza w silniku wzgl. piecu ($t_0 = 15^0 C$). Tak np. dla temperatury spalin na wejściu do kotła $t_1 = 600^0 C$, $\eta = 0{,}5$ i $\delta = 0{,}9$ temperatura spalin za kotłem wyniesie:

$$t'_1 = 600 - \frac{0{,}5}{0{,}9}(600 - 15) \simeq 275^0 C$$

[1]) Wiestnik Inżynierow i Tiechnikow Nr. 1 r. 1934.

Wydajność pary, jaką można uzyskać z ciepła odpadkowego wynosi więc:

$$D = \frac{\eta \cdot \delta \cdot B \cdot G \cdot c_p \cdot (t_1 - t'_1)}{i - t_0} \; kg/\text{godz.}$$

Potrzebna przytem powierzchnia ogrzewalna wynosi:

$$H = \frac{\delta \cdot B \cdot G \cdot c_p \cdot (t_1 - t'_1)}{k \cdot t_m} \; m^2$$

wzgl. jeżeli dana jest ilość gazów spalinowych $Q\ m^3$/godz.:

$$H = \frac{\delta \cdot Q \cdot C_p \cdot (t_1 - t'_1)}{k \cdot t_m} \; m^2$$

gdzie C_p — ciepło właściwe spalin dla 1 m^3; $C_p = \gamma \cdot c_p$, δ — ciężar właściwy spalin dla 0°C i 760 *mm*. sł. rtęci.

Średnia temperatura t_m może być określona z dostatecznem przybliżeniem z wzoru:

$$t_m = \frac{t_1 + t'_1}{2} - \frac{t_0 + t_2}{2}$$

gdzie t_0 — temperatura wody na wejściu do kotła,
t_2 — „ „ „ wyjściu z kotła.

Dla pary nasyconej $t_2 = t_0 = t$ — temperaturze pary nasyconej dla danego ciśnienia, więc

$$t_m = \frac{t_1 + t'_1}{2} - t$$

Poza tem wszystkie wielkości, które wyznaczają powierzchnię ogrzewalną kotła, są wzgl. mogą być łatwo określone z wyjątkiem spółczynnika sumarycznego przenoszenia się ciepła ze spalin na wodę, który określa równanie:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_s} + \frac{1}{\alpha_w} + \frac{s}{\lambda}}$$

gdzie: α_s — spółczynnik przenoszenia się ciepła ze spalin na pow. ogrzewalną w Kal/m^2 i 1°C,
α_w — spółczynnik przenoszenia się ciepła z pow. ogrzewalnej na wodę w Kal/m^2 i 1°C,
s — grubość ścianki kotła w *m*,
λ — spółczynnik przewodności ścianki kotła.

Do określenia spółczynnika α_s może służyć wzór Ten-Boscha:

$$\alpha_s = 39 \cdot n \cdot \lambda_1 \cdot (c_p \cdot \gamma)^{0,8} \cdot c^{0,8}$$

gdzie: n — spółczynnik uwzględniający wpływ wielkości średnicy płomieniówek na przenoszenie się ciepła. Dla średnic najczęściej stosowanych spółczynnik n wynosi:

$d = 50$ *mm*	$n = 0,85$
„ 60 „	„ 0,823
„ 70 „	„ 0,795
„ 80 „	„ 0,725

λ_1 — spółczynnik przewodności gazów spalinowych może być określony z wzoru[1]):

$$\lambda_1 = \frac{0,00167 \cdot (1 + 0,000194 \cdot t'_1) \cdot \sqrt{t'_1}}{1 + \frac{117}{t'_1}}$$

[1]) V. D. S. str. 686 r. 1917.

gdzie t'_1 — temperatura spalin za kotłem.
c — szybkość spalin *m/s*,
γ_1 — ciężar właściwy spalin w kg/m^3 dla temperatury spalin za kotłem t'_1. Nie znając analizy gazów, średnio można przyjąć dla temp. 0°C i 760 *mm* sł. rtęci $\gamma_0 = 1,33 \div 1,35$ kg/m^3, więc $\gamma_1 = \frac{273}{273 + t'_1} \cdot \gamma_0\ kg/m^3$.

W celu uproszczenia obliczeń spółczynnika α_s, dla temperatur najczęściej spotykanych 400 ÷ 750°C, w *tabl. 1* podano obliczone wartości λ_1, γ_1 i c_p oraz iloczyn $39 \cdot \lambda_1{}^{0,2} (c_p \cdot \gamma_1)^{0,8}$.

Temp. spalin na wejściu do kotła t_1°C	Spółczynnik przewodności spalin λ_1	Ciepło właściwe spalin c_p	Ciężar właściwy spalin γ_1	$39 \cdot \lambda_1{}^{0,2} (c_p \cdot \gamma_1)^{0,8}$
400	0,0279	0,261	0,54	3,97
500	0,0303	0,264	0,47	3,65
600	0,0346	0,266	0,416	3,45
700	0,0429	0,269	0,37	3,28
750	0,0453	0,270	0,356	3,14

Mnożąc wartości tego iloczynu przez spółczynnik n, (wartości n podano wyżej) oraz przez $c^{0,8}$, otrzymujemy spółczynnik α_s — przenoszenia się ciepła ze spalin na powierzchnię ogrzewalną, przyczem szybkość spalin w *m/s* wynosi:

$$c = \frac{B \cdot G}{F_0 \cdot 3600}$$

gdzie F_0 — wolny przekrój płomieniówek w m^2.

Spółczynnik przenoszenia się ciepła z powierzchni ogrzelnej na wodę α_w, zależy od temperatury wody i głównie od stopnia jej cyrkulacji. Według badań Holborna i innych — α_w waha się w granicach 2000 ÷ 6000 Kal/m^2 i godz.

Spółczynnik przewodności ścianki kotła λ — wynosi dla stali węglowej używanej do budowy kotłów 45 ÷ 60 i średnio do przeliczeń można przyjąć $\lambda = 50$.

Ponieważ wartości składników spółczynnika sumarycznego k — $\frac{1}{\alpha_w}$ i $\frac{s}{\lambda}$ są bardzo małe, tak np. dla

$\alpha_w = 4000$, $s = 0,004$ *m*, $\frac{1}{\alpha_w} = 0,00025$ i $\frac{s}{\lambda} = 0,00006$,

więc dla uproszczenia rachunku można je śmiało pominąć i w tym przypadku sumaryczny współczynnik przenoszenia się ciepła ze spalin do wody będzie wynosić:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_s}} = \alpha_s$$

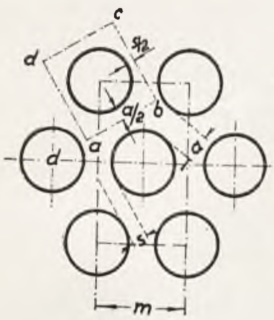
Wzór Ten-Boscha, do określenia spółczynnika $\alpha_s = k$, dotyczy rozstawienia płomieniówek wg. rys. 1, przy którem na danej powierzchni dna kotła można umieścić większą ilość płomieniówek, niż przy rozstawieniu

równoległem wg. rys. 2 (α_s dla rozstawienia wg. rys. 2 jest mniejszy 20 ÷ 30%)[1]).

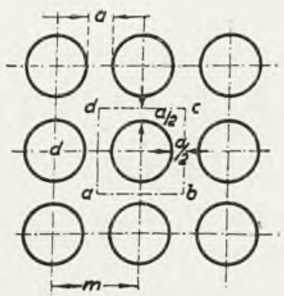
Spółczynnik $k = \alpha_s$ przenoszenia się ciepła ze spalin na wodę będzie tem większy, im większa jest szybkość spalin, intensywniejsze mieszanie się spalin i bardziej czyste ścianki kotła.

Ponieważ w tych kotłach ciepło nie jest przenoszone promieniowaniem, które należy do b. korzystnego rodzaju przejścia ciepła i daje znaczną część w ogólnym bilansie ciepła kotłów zwykłych, należy tutaj zwrócić dużą uwagę na poprawienie warunków przejścia ciepła.

Obliczenie spółczynnika k nie uwzględnia zanieczyszczenia ścianek kotła oraz zasysania powietrza przez nieszczelności



Rys. 1.



Rys. 2.

Zmniejszenie spółczynnika k wskutek warstwy napieku jest jeszcze stosunkowo niewielkie, np. warstwa napieku grubości 3 mm przy szybkości spalin 3 m/s zmniejsza przejście ciepła $\sim$ 3%, przy szybkości spalin 10 m/s — $\sim$ 5%. Znacznie jednak większy wpływ ma warstwa sadzy i soli, a to wskutek małej przewodności cieplnej; np. warstwa sadzy grubości 2 mm zmniejsza przejście ciepła $\sim$ 40%.

Chcąc uwzględnić wpływ zanieczyszczenia ścianek kotła na przenoszenie się ciepła, należy spółczynnik k zmniejszyć o 20 — 30%.

Wartość obliczonej powierzchni ogrzewalnej pozwala łatwo już określić zasadnicze wymiary kotła. Między powierzchnią ogrzewalną, ilością płomieniówek, ich długością i średnicą, zachodzi zależność, z której można obliczyć ilość potrzebnych płomieniówek.

$$H = n \cdot \pi \cdot d_z \cdot l = n \cdot \pi \cdot d_z{}^2 \cdot i_0$$

gdzie: n — ilość płomieniówek; zwykle dla kotłów średniej wielkości 150—300 m^2 pow. ogrzew. n=150 ÷ 200, dla kotłów większych n=200 do 300,

d_z — zewnętrzna średnica płomieniówek; do obliczenia można przyjmować $d_z = 1{,}12\, d$, gdzie d — średnica wewn. płomieniówki,

$i_0 = \frac{l}{d}$ — stosunek długości do średnicy wewnętrznej płomieniówki; ze względów wytrzymałościowych dla najczęściej stosowanych $d = 50 \div 80$ mm, $i_0 = 80 - 120$. Stosunek ten określa długość płomieniówki, a tem samem i walczaka.

Przekrój walczaka F, zajęty przez płomieniówki wraz z odnośną powierzchnią ściany sitowej, zwykle wynosi 35 — 75% całkowitego przekroju walczaka, zależnie od tego, jak dużą ma mieć kocioł zawartość wodną. Dla rozstawienia równoległego płomieniówek wg. rys. (2) musi być spełnione równanie, z którego można określić średnicę walczaka D:

$$F = n \,.\, \text{pole } abcd = n\,(d_z + a)^2 = (0{,}35 \div 0{,}75) \,.\, \frac{\pi \,.\, D^2}{4}$$

gdzie: a — odstęp między płomieniówkami, zwykle $a = 25 \div 28$ mm, który zależy od przeliczenia wytrzymałościowego ściany sitowej.

Analogicznie dla rozstawienia płomieniówek przestawnego wg. rys. (1).

$$F_1 = n_1 \,.\, \text{pole } abcd = n_1 .(d_z + s)\,(d_z + a) = (0{,}35 \div 0{,}75) \,.\, \frac{\pi \,.\, D^2}{4}$$

gdzie: wg. Tetznera $s = 0{,}87\,(a + d) - d$.

Dla porównania rozstawienia płomieniówek równoległego i przestawnego, określimy dla tych dwuch wypadków przekrój walczaka, zajęty przez płomieniówki. Przyjmując średnie wartości: $d_z = 1{,}12\, d$, $a = 0{,}5\, d$ i $s = 0{,}87\,(a + d) - d = 0{,}3\, d$

$$F = n \,.\, (d_z + a)^2 = 2{,}62 \,.\, n \,.\, d^2$$

$$F_1 = n_1 \,.\, (d_z + s) \,.\, (d_z + a) = 2{,}3\; n_1 \,.\, d^2$$

czyli $n : n_1 = 2{,}62 : 2{,}3 = 1{,}14$.

Na tej samej więc powierzchni, przy rozstawieniu przestawnem, ułoży się 14% jednakowych płomieniówek więcej, niż przy rozstawieniu równoległem.

Mając już określone wymiary kotła i biorąc pod uwagę możliwość uzyskania z ciepła odpadkowego obliczoną wydajność pary, zwykła kalkulacja zadecyduje, czy dla danych warunków opłaci się wykorzystać ciepło odpadkowe do ogrzewania kotła.

Należy jeszcze omówić siłę ciągu, która musi być dostateczna, aby spaliny mogły przepływać z odpowiednio dużą szybkością. Siła ciągu ma do pokonania stratę dynamiczną wskutek szybkosci wylotowej spalin:

$$h_1 = \gamma \,.\, \frac{c^2}{2\,g} \; mm \text{ sł. wody}$$

tarcie o ścianki i straty wskutek zmiany przekrojów i kierunku przepływu:

$$h_2 = \zeta_1 \cdot \gamma \cdot \frac{c^2}{2\,g} + \Sigma \zeta' \cdot \gamma \cdot \frac{c^2}{2\,g} \; mm \text{ sł. wody.}$$

We wzorach tych oznacza:

γ — cieżar właściwy spalin w kg/m^3,

c — szybkość spalin w m/s,

$\zeta_1 = \lambda_0 \cdot \frac{l}{d}$ — spółczynnik oporu tarcia spalin o ścianki,

---

[1]) Chociaż Ten - Bosch nic nie wspomina o rozstawieniu płomieniówek, jednak powołuje się na wyniki badań nad kotłami lokomobilowemi, w których z reguły, ze względu na oszczędność miejsca stosowane jest rozstawienie płomieniówek wg. rys 1.

dla rur wg. Bless'a $\lambda_0 = 0{,}0125 + \frac{0{,}001 \, . \, l}{d}$;

(l i d—długość i średnica płomieniówek w m).

$\Sigma \delta'$ — suma spółczynników oporu przepływu dla danych warunków, wskutek zmiany przekrojów i kierunku; np. na wejściu do płomieniówek $\delta_1' = 0{,}5$, dla zmiany kierunku przepływu pod ∢ 90° — $\delta_2' = 1{,}15$ (wartości mogą być brane wg. kalendarzy technicznych).

Całkowita siła ciągu naturalnego wzgl. sztucznego, jaki wytwarza wentylator, jest sumą tych strat:

$$h = h_1 + h_2 \; mm \text{ sł. wody}$$

W wypadku ciągu sztucznego, na wejściu spalin do wentylatora ciąg ten zwykle wynosi $h = 50 \div 80$ mm sł. wody.

Zużycie energji dla wentylatora można obliczyć z wzoru:

$$N = \frac{Q \, . \, h}{3600 \, . \, 72 \, . \, \eta} \; KM$$

gdzie: Q — ilość spalin w $m^3/godz$,

η — sprawność wentylatora; $\eta = 0{,}3 \div 0{,}4$.

Moc silnika napędzającego wentylator, uwzględniając ewentualne jego przeciążenia w pracy, wybiera się 20 — 30% większą.

A. W.

ROZPORZĄDZENIA RZĄDOWE

OBWIESZCZENIE

Ministra Przemysłu i Handlu

z dnia 30 maja 1934 roku.

w sprawie wykazu rzeczoznawców upoważnionych do urzędowego odbioru technicznego materjałów, używanych do budowy kotłów parowych.

W wykonaniu § 3 przepisów o warunkach technicznych, dotyczących materjałów, używanych do budowy kotłów parowych (załącznik do rozporządzenia Ministra Przemysłu i Handlu z dnia 8 listopada 1930 r. *Dz. U. R. P.*, Nr. 91, poz. 714) podaje się do wiadomości że wykaz rzeczoznawców, ogłoszony w obwieszczeniu Ministra Przemysłu i Handlu z dnia 6 lipca 1931 r. (*Monitor Polski*, Nr. 158, poz. 232), w brzmieniu obwieszczenia Ministra Przemysłu i Handlu z dnia 14 grudnia 1933 r. (Monitor Polski, Nr. 290, poz. 315), uzupełniam w sposób następujący:

„„7. Dozór Kotłowy Urzędu Morskiego w Gdyni".

Minister Przemysłu i Handlu:

(—) *H. Floyar Rajchman.*

(*Monitor Polski*, Nr. 134, poz. 181 [1]).

[1]) Przy tej sposobności podajemy pełną listę instytucyj upoważnionych do dokonywania urzędowego odbioru technicznego materjałów do budowy i naprawy kotłów parowych.

(Obwieszczenie Ministra Przemysłu i Handlu z dnia 6 lipca 1931 r., por. *Monitor Polski*, Nr. 158, poz. 232).

1. Ministerstwo Komunikacji przez swych Inspektorów-Odbiorców i Komisarzy Rządowych w wytwórniach;
2. Mechaniczna Stacja Doświadczalna Politechniki Lwowskiej z Oddziałami w Wielkich Hajdukach i Borysławiu;
3. Politechnika Warszawska;
4. Stowarzyszenie Dozoru Kotłów w Warszawie, Poznaniu i Katowicach;
5. „Międzynarodowy Rejestr Klasyfikacji Okrętów i Statków Powietrznych, Bureau Veritas w Paryżu" — tylko dla odbioru materjałów zagranicznych.

(Obwieszczenie Ministra Przemysłu i Handlu z dnia 14 grudnia 1933 r., por. *Monitor Polski*, Nr. 290, poz. 315).

6. Lloyds Register of Shipping w Londynie — tylko dla odbioru materjałów zagranicznych.

(Obwieszczenie Ministra Przemysłu i Handlu z dnia 30 maja 1934 r. por. *Monitor Polski*, Nr. 134, poz. 181).

7. Dozór Kotłowy Urzędu Morskiego w Gdyni.